

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 09-009569

(43)Date of publication of application : 10.01.1997

(51)Int.Cl.

H02K 7/09

H02K 29/14

(21)Application number : 07-173018

(71)Applicant : SHINKO ELECTRIC CO LTD

(22)Date of filing : 16.06.1995

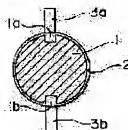
(72)Inventor : SATO TAKESHI

(54) SENSING METHOD FOR MAGNETIC BEARING

(57)Abstract:

PURPOSE: To obtain a sensing method for magnetic bearing requiring no rotational speed sensor.

CONSTITUTION: At least a pair of notched recesses 1a, 1b of identical cross-section are made symmetrically to the axis at least in the gap sensing part of a rotary shaft 1 being born by magnetic bearings. Difference between the output values from a pair of gap sensors 3a, 3b is determined through subtracting function and the vertical shift of rotary shaft is determined based on the polarity of absolute value of the difference. Preferably, the notched recess has the bottom formed concentrically to the rotary shaft. A high-pass filtering function having predetermined frequency attenuation characteristics is preferably provided at the rear stage of the subtracting function. Furthermore, the sum of output values from the pair of gap sensors 3a, 3b are preferably determined through an adding function and then the rotational speed of rotary shaft 1 is determined based on the output pitch of the sum.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2000 Japanese Patent Office

(書誌+要約+請求の範囲)

(19)【発行国】日本国特許庁(JP)

(12)【公報種別】公開特許公報(A)

(11)【公開番号】特開平9-9569

(43)【公開日】平成9年(1997)1月10日

(54)【発明の名称】磁気軸受のセンシング方法

(51)【国際特許分類第6版】

H02K 7/09

29/14

【F I】

H02K 7/09

29/14

【審査請求】未請求

【請求項の数】4

【出願形態】FD

【全頁数】6

(21)【出願番号】特願平7-173018

(22)【出願日】平成7年(1995)6月16日

(71)【出願人】

【識別番号】000002059

【氏名又は名称】神鋼電機株式会社

【住所又は居所】東京都中央区日本橋3丁目12番2号

(72)【発明者】

【氏名】佐藤 雄志

【住所又は居所】愛知県豊橋市三弥町字元屋敷150番地 神鋼電機株式会社豊橋製作所内

(74)【代理人】

【弁理士】

【氏名又は名称】斎藤 春弥 (外2名)

(57)【要約】

【目的】回転速度センサを不要にした磁気軸受のセンシング方法を提供する。

【構成】磁気軸受に支承される回転軸1の少なくともギャップセンシング部に、少なくとも1対の同一断面形状の切欠き形状の凹部1a、1bを軸対称に形成し、1対のギャップセンサ3a、3bの出力値を減算機能によって偏差値を求め、この偏差値の極性と絶対値の大小によって、回転軸の上下偏位量を求めるようにした。この場合、上記の凹部の切欠き形状の底部は回転軸に対して同心円状に形成するのが望ましい。また、減算機能の後段に、所定の周波数減衰特性を備えた高域除去用フィルタリング機能を設けるのが望ましい。さらに、加算機能によって1対のギャップセンサ3a、3bの出力値の加算値を求め、この加算値の出力ピッチによって、この回転軸1の回転速度を求めるようにするのが望ましい。

【特許請求の範囲】

【請求項1】 磁気軸受に支承される回転軸の少なくともギャップセンシング部に、少なくとも1対の同一断面形状の切欠き形状の凹部を軸対称に形成し、当該ギャップセンシング部に設けた1対のギャップセンサ出力値の偏差値を減算機能によって求め、該偏差値の極性と絶対値の大小によって当該回転軸の上下偏位量を求めるようにしたことを特徴とする磁気軸受のセンシング方法。

【請求項2】 請求項1記載の凹部の切欠き形状は底部を回転軸の中心に対して同心円状に形成した磁気軸受のセンシング方法。

【請求項3】 請求項1記載の減算機能の後段に、所定の周波数減衰特性を備えた高域除去用フィルタリング機能を設けるようにした磁気軸受のセンシング方法。

【請求項4】 請求項1乃至3記載の磁気軸受のセンシング方法において、加算機能によって1対のギャップセンサ出力値の加算値を求め、該加算値の出力ピッチによって当該回転軸の回転速度を求めるようにした磁気軸受のセンシング方法。

詳細な説明

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 この発明は、磁気ラジアル軸受（以下磁気軸受と略記する）のセンシング方法に係り、特に1対のセンサによって、回転軸の偏位量と回転速度を計測できるようにした磁気軸受のセンシング方法に関する。

【0002】

【従来の技術】 磁気軸受用電磁石の駆動制御機能は、軸受と回転軸とのギャップを0.1mm程度の高精度に維持するために、ギャップセンサ（以下センサと略記することがある）を備えている。また、対象回転軸の回転速度に対応して電磁石の制御信号を作成する場合のパラメータを制御するために、回転速度センサを備えている。これらのセンサは、例えば図5及び図6に示すように構成されている。図5は回転軸の磁気軸受部の断面を示し、図6はセンシング機能の構成を示している。図5及び図6において、11は回転軸であって、磁気軸受用電磁石（以下軸受と略記する）12a、12bによって回転自在に支承されている。回転軸と軸受との間のギャップは1対の、例えば渦電流式等ギャップ計測用のセンサ13a、13bで形成するギャップセンサによって計測し、制御機能16によって各軸受12a、12bに供給する励磁電流を制御している。即ち、第1のセンサ13aの検出信号は第1のセンサ信号処理部14aで増幅成形して偏差量検出機能15に入力している。また、第2のセンサ13bの検出信号は第2のセンサ信号処理部14bで増幅成形して偏差量検出機能15に入力している。偏差量検出機能15は入力する第1のセンサ信号処理部14aの出力信号と、第2のセンサ信号処理部14bの出力信号の偏差を算出する。従って、偏差量検出機能15は軸受に対する回転軸の上下方向の変位に比例する変位値と極性を検出して軸受の制御機能16に入力している。また、21は回転軸11の回転速度を計測する回転速度センサであって、例えば回転軸11の周囲に等間隔で形成した目盛りを検出し、この検出信号を信号処理部22で増幅成形した後、回転速度検出機能23で、この検出信号の検出間隔時間又は一定時間中に出力する検出信号数を計測するようにし、回転軸11の回転速度に比例する回転速度値を算出して、軸受の制御機能16に入力している。制御機能16において、1対のギャップセンサ13a、13bの計測した検出信号を用いて、所定の処理を実行するためのパラメータの変更を回転速度センサ21の検出信号によって実行することにより、回転速度に対応して回転軸11を軸受の中

心に維持するように電磁石励磁電流の制御を行っている。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】ところで、上述したようなセンサの構成であると、ギャップセンサと回転速度センサを備えることが必要である。即ち、回転軸に回転速度センサを装着するための場所と構造を確保すると共に、回転速度センサの部品費と装着費用が必要である。従って、このような問題点を除いて、磁気軸受の生産価格の低減と、回転軸の構成制限をなくすことが要望されていた。本発明は従来のものの上記課題（問題点）を解決し、回転速度センサを不要にした磁気軸受のセンシング方法を提供することを目的とする。

【0004】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するために、本発明に基づく磁気軸受のセンシング方法においては、磁気軸受に支承される回転軸の少なくともギャップセンシング部に少なくとも1対の同一断面形状の切欠き形状の凹部を軸対称に形成し、1対のギャップセンサ出力値を減算機能に入力することによって偏差値を求め、この偏差値の極性と絶対値の大小によって回転軸の上下偏位量を求めるようにした。この場合、上記の凹部の切欠き形状の底部は回転軸の中心に対して同心円状に形成するのが望ましい。また、減算機能の後段に所定の周波数減衰特性を備えた高域除去用フィルタリング機能を設けるのが望ましい。さらに、加算機能によって1対のギャップセンサ出力値の加算値を求め、この加算値の出力ピッチによって、この回転軸の回転速度を求めるようにするのが望ましい。

【0005】

【作用】本発明では、上述のように回転軸に軸対称に同一形状の凹部を設け、この凹部に装着した1対のギャップセンサの出力値の偏差値を減算機能によって求めるので、この偏差値の信号は凹部の影響なしに、従来同様、回転軸と軸受との上下ギャップの偏差値が得られる。この場合、凹部の形状を回転軸の中心に対して同心円状にすると、加工が容易で加工精度を高めることができるので、軸対称に設けた1対の凹部の断面形状の相違が極めて小さくなる。また、減算機能の後段にフィルタリング機能を設けると、軸対称に設けた凹部の加工誤差等によって1対のセンサ出力値の減算結果に残存するパルス成分を除去できるので、回転軸に設ける凹部の加工精度を特に高める必要がなくなる。上述した1対のギャップセンサの出力値の出力ピッチから、この回転軸の回転速度を求めるようにすると、回転速度センサの装着が不要になる。さらに、上述した1対のギャップセンサの出力値の加算値を求め、この加算値の出力ピッチから、この回転軸の回転速度を求めるようにすると、微小な凹部であっても計数信号値を大きくして計数誤差が減少できる。

【0006】

【実施例】本発明に基づく磁気軸受のセンシング方法を図1乃至図4によって、詳細に説明する。図1は本発明を実行するための基本的な構成例を示し、図2は本発明を実行するための基本的な信号処理機能を構成した回路例を示している。また、図3及び図4には本発明に基づく信号処理の働きの説明を示している。図1は本発明を適用した軸受部の断面の概念を示した図であって、必要構成の理解を容易にするために、磁気軸受を構成する主体である電磁石は図示を省略している。図1において、1は支承対象である回転軸であり、2は磁気軸受を構成するシリンドリッド構造部の内面である軸受の内壁部を示している。また、3a、3bは軸受の上下に設けた1対のギャップセンサ（以下センサと略称する）である。センサ3a、3bは従来の技術での1対のセンサ13a、13bと同様、例えば渦電流効果を利用する等の手段を使用して、センサ先端と対象回転軸の表面とのギャップを計測する機能を設けている。回転軸1は、例えば底部を同心円状にした1対の切欠き形状の凹部1aと1bを軸対称に形成している。この切欠き形状の凹部は通常の機械加工手段等を詳細を後述する凹部の使用目的に対応して設定する凹部形状に対応して、適切に選択して加工すれば良い。

【0007】次に、上述の軸受部の構成に対応させた本発明を適用する信号処理機能の構成例を図2乃至図4を参照して詳細に説明する。図2において、1は回転軸、3a、3bは1対のセンサである。第1のセンサ3aの検出信号は第1のセンサ信号処理部4aで増幅成形して減算機能5と加算機能6に入力している。また、第2のセンサ

3bの検出信号は第2のセンサ信号処理部4bで増幅成形して上述と同様、減算機能5と加算機能6に入力している。減算機能5で得られた減算値は所定の特性を備えたフィルタリング機能7を経由して、制御機能8に入力している。加算機能6で得られた加算値は回転速度検出機能9に入力し、回転速度検出機能9で得られた回転速度値は制御機能8に入力している。

【0008】上述の構成において、回転軸1が所定の回転速度で回転していると、第1のセンサ3aの計測結果、第1のセンサ信号処理部4aからは図3(A)に示すような信号が得られ、第2のセンサ3bの計測結果、第2のセンサ信号処理部4bからは同図(B)に示すような信号が得られる。図3は第1のセンサ信号処理部4a及び第2のセンサ信号処理部4bを含む上述した各要素機能の出力信号値のレベルを縦軸に示し、横軸には時間推移を示している。図3(A)において、第1のセンサ3aの前を回転軸1の凹部1a又は1bが通過していない間は、第1のセンサ3aと回転軸1の表面とのギャップを示す信号値aが、第1のセンサ信号処理部4aから出力される。第1のセンサ3aの前を回転軸1の凹部1a又は1bが通過するタイミングGにおいては、第1のセンサ3aと回転軸1の凹部1a又は凹部1bの表面とのギャップを示す信号値a'が第1のセンサ信号処理部4aから出力される。信号値a'は凹部1a及び1bの深さによって定まる値であって、凹部1aと凹部1bの底部は同心円に形成されているので、回転軸1の凹部の底面と磁気軸受内壁部2を構成するシリンダ構造部の内面とのギャップは全局に亘って均一である。即ち、回転軸1が軸受の中央部に維持されている状況においては、凹部1a部で得られる信号値a'も凹部1b部で得られる信号値a'も等しい。同様に、第2のセンサ信号処理部4bからは図3(B)に示すように、回転軸1の凹部1a又は1bが、第2のセンサ3bの前を通過していない間は、第2のセンサ3bと回転軸1の表面とのギャップを示す信号値bが出力され、第2のセンサ3bの前を回転軸1の凹部1a又は1bが通過するタイミングGにおいては、第2のセンサ3bと回転軸1の凹部1a又は凹部1bの底面とのギャップを示す信号値b'から出力される。回転軸1が軸受の中央部に維持されている状況においては、凹部1a部で得られる信号値b'も凹部1b部で得られる信号値b'も等しい。

【0009】第1のセンサ信号処理部4a及び第2のセンサ信号処理部4b夫々の出力信号が入力した減算機能5においては、第1のセンサ信号処理部4aの出力値と第2のセンサ信号処理部4bの出力値を相互に減算する。凹部1a及び凹部1bは回転軸に対して軸対称に形成されているので、第1のセンサ信号処理部4aから信号値a'を出力するタイミングGと第2のセンサ信号処理部4bから信号値b'を出力するタイミングGとは完全に一致している。従って、減算機能5においては、信号値aと信号値bの偏差値とその極性が得られる。即ち、極性は信号値aと信号値bのいずれを減算値にし、いずれを被減算値にするかによって変化する。従って、この減算値を入力して制御信号を作成する制御機能8を、この極性に対応させておけば良い。同様に、信号値a'と信号値b'の偏差値とその極性が得られる。上記した各センサとセンサ信号処理部の直線性が満足されれば、信号値aと信号値bとの偏差値と信号値a'と信号値b'との偏差値は等しい。しかし、切欠きの加工精度等の原因によっては、第1のセンサ3aの前を、例えば凹部1aが完全に通過するタイミングと第2のセンサ3bの前を、例えば凹部1bが完全に通過するタイミングとが一致しない場合が発生し得る。このような状況においては、減算機能5の出力信号は図3(C)のように示される。即ち、図3(C)は図3(A)、同図(B)に対応していて、横軸に時間推移を示し、cは信号値aと信号値bとの偏差値と信号値a'と信号値b'との偏差値を示している。また、図3(C)に示すc'、c''は上述したように第1のセンサ3aの前を凹部が通過するタイミングと第2のセンサ3bの前を凹部が通過するタイミングとが一致しない状態で減算する結果生じる微小な時間幅のパルスである。減算機能5を出力する図3(C)に示す信号はフィルタリング機能7を通過させることによって図3(D)に示すようにパルスc'、c''を除いて平滑な第1のセンサ信号処理部4aの出力値と第2のセンサ信号処理部4bの出力値との減算値(偏差値)cが得られる。即ち、第1のセンサ信号処理部4aの出力値と第2のセンサ信号処理部4bの出力値とが等しい場合は、減算値cはゼロになり、第1のセンサ信号処理部4aの出力値と第2のセンサ信号処理部4bの出力値とが等しくない場合は、減算値cはその偏差値と極性を示す。即ち、減算値cは、回転軸と軸受内面とのギャップ状態を示してい

る。従って、減算値 c を制御機能 8 に入力し、従来と同様の所定の信号処理を行って軸受を構成する電磁石の励磁電流を制御する。上述したフィルタリング機能 7 は、この制御機能 8 を構成する回路条件に対応してデジタル処理でもアナログ処理でも所望されるフィルタリング特性が得られれば良い。いずれにしても、出力されるパルス c' 、 c'' の時間幅は、信号処理に必要な周波数領域に比して影響しない高周波領域になるように極めて狭く構成できるので、必要なフィルタリング特性を容易に得ることができる。また、上述した軸受と信号処理機能の構成条件によってはフィルタリング機能を除いても良いことは言うまでもない。

【0010】次に、加算機能 6 以降の働きを説明する。図 3 (A) に示す第 1 のセンサ信号処理部 4 a の出力値と第 2 のセンサ信号処理部 4 b の出力値とが、加算機能 6 で加算されると図 4 に示すようなパルス信号（以下パルスと略記する）E が得られる。図 4 において、横軸は時間推移を示し、縦軸は加算機能 6 の出力信号値のレベルを示している。即ち、図 4 において、図 3 (A) に示した信号値 a と同図 (B) に示した信号値 b の加算値を e で示し、図 3 (A) に示したタイミング G の信号値 a' と同図 (B) に示したタイミング G の信号値 b' の加算値を e' で示している。図 4 に示す E は、加算値 e' の存在部であるタイミング G に発生するパルスを示している。図 4 に示す加算機能 6 の出力信号は回転速度検出機能 9 に入力して、パルス E の出力時間間隔を計測する。即ち、例えば、2 個のパルス E の夫々の立上がり部の間に出力される所定高周波数のパルス発振機能のパルス数を計数することによって、この周波数からパルス E の出力間隔時間を計測できる。回転軸 1 には軸対称に 2 個の凹部が形成されているので、回転軸 1 が 1 回転する間にパルス E は 2 個出力される。従って、上述のように計測された出力間隔時間を T とすると、回転軸の回転速度 RV は下記式で示される。

$RV = (1/2) T$ また、所定の単位時間の間に出力されるパルス E を計数して計数値 P が得られると、 $P/2$ は単位時間中に回転軸が回転する回転速度を示している。上述のようにして得られた回転軸の回転速度値を制御機能 8 に入力して所定の信号処理を実行する。即ち、例えば信号処理に使用するパラメータの選択に使用する。

【0011】上述の説明は本発明の技術思想を実現するための基本方法と構成例を示したものであって、このセンシング方法を使用する磁気ラジアル軸受の条件に対応して上述した方法を実現する適切な構成すれば良い。例えば、回転軸に設ける凹部は、上述の計測に対応できれば、回転軸の強度特性や軸受本来の特性に影響しないように極微小で良い。図 1 に示した凹部 1 a、1 b は説明の便宜上深さを誇張して示しており、上述した方法における計測に支障がないように適切な深さにすれば良い。回転速度を計測するのに、1 対の凹部の加算値を用いるように説明したが、凹部形状によっては加算機能を除き、1 個の凹部の計測信号を使用しても良いことは当然である。また、1 対で 2 個の凹部を設けるように説明したが、軸対称に形成し、上述した処理機能を対数に対応させれば何対でも良く、夫々の凹部の形状も回転軸の強度特性に影響しないように適切な形状にすれば良い。

【0012】

【発明の効果】本発明は上述のような方法にしたので、次のような優れた効果を有する。

□回転軸に軸対称に同一形状の凹部を設け、この凹部に装着した 1 対のギャップセンサの出力値の偏差値を減算機能によって求めるため、この偏差値の信号は凹部の影響なしに、回転軸と軸受との上下ギャップの偏差量が的確に検出される。

□凹部形状の底部を回転軸中心に対して同心円状にすると、加工が容易で加工精度を高めることができるので、軸対称に設けた 1 対の凹部の断面形状の相違が極めて小さくなる。

□減算機能の後段にフィルタリング機能を設けると、軸対称に設けた凹部の加工誤差によって 1 対のギャップセンサ出力値の減算結果に残存するパルス成分を除去できるので、回転軸に設ける凹部の加工精度を特に高める必要がなくなる。

□ギャップセンサによる凹部検出ピッチから、この回転軸の回転速度を求めるようにすると、回転速度センサの装着なしに回転速度が計測できる。

□1 対のギャップセンサの出力値の加算値を求め、この加算値の出力ピッチからこの回転軸の回転速度を求めるよ

うにすると、回転速度センサの装着なしに確実に回転速度が計測できる。

図の説明

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に基づく磁気軸受のセンシング方法を説明する軸受部を示した縦断正面図である。

【図2】本発明に基づく磁気軸受のセンシング方法を実現する信号処理機能の構成例を示す概要ブロック図である。

【図3】図1に示す1対のギャップセンサによる検出信号とその減算処理を説明する図で、同図（A）は1個のギャップセンサの出力波形図、同図（B）は他の1個のギャップセンサの出力波形図、同図（C）は1対のギャップセンサ出力の減算信号の波形図、同図（D）は同図（C）に示す信号をフィルタリング機能によってフィルタリング処理した後の信号波形図である。

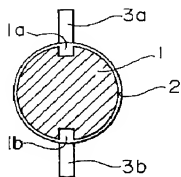
【図4】図1に示す1対のギャップセンサによる検出信号を加算した結果を示す信号波形図である。

【図5】従来の磁気軸受のセンシング方法を説明する軸受部を示した縦断側面図である。

【図6】従来の磁気軸受のセンシング方法を説明する信号処理機能の構成例を示す概要ブロック図である。

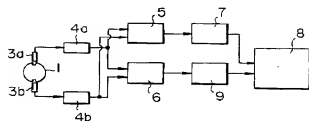
【符号の説明】

- 1：回転軸
- 1 a、1 b：凹部（切欠き）
- 2：軸受内壁部
- 3 a、3 b：センサ（ギャップセンサ）
- 4 a、4 b：センサ信号処理部
- 5：減算機能
- 6：加算機能
- 7：フィルタリング機能
- 8：制御機能
- 9：回転速度検出機能

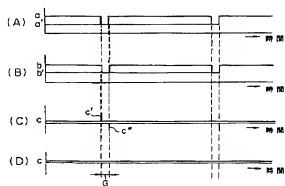


- 1 : 回転軸
1a、1b : 凹部
2 : 軸受内壁部

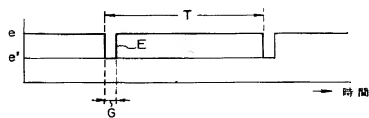
【図1】 3a、3b : ギャップセンサ



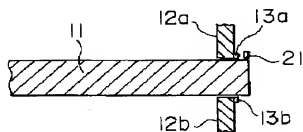
【図2】



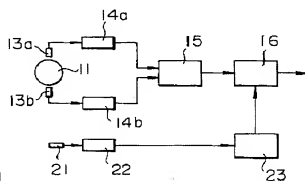
【図3】



【図4】



【図5】



【図6】